

PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : H02K 9/06, 9/08, 1/27, 3/18	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/48294 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. August 2000 (17.08.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/01093 (22) Internationales Anmeldedatum: 10. Februar 2000 (10.02.00) (30) Prioritätsdaten: 299 02 510.1 12. Februar 1999 (12.02.99) DE 299 14 468.2 23. August 1999 (23.08.99) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHILLER, Helmut [DE/DE]; Scholzenviertel 7, D-64625 Bensheim (DE). (74) Anwälte: ZENZ, Joachim, Klaus usw.; Scheuergasse 24, D-64673 Zwingenberg (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: CN, IN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen</i> <i>Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen</i> <i>eintreffen.</i>

(54) Title: ELECTRIC MACHINE

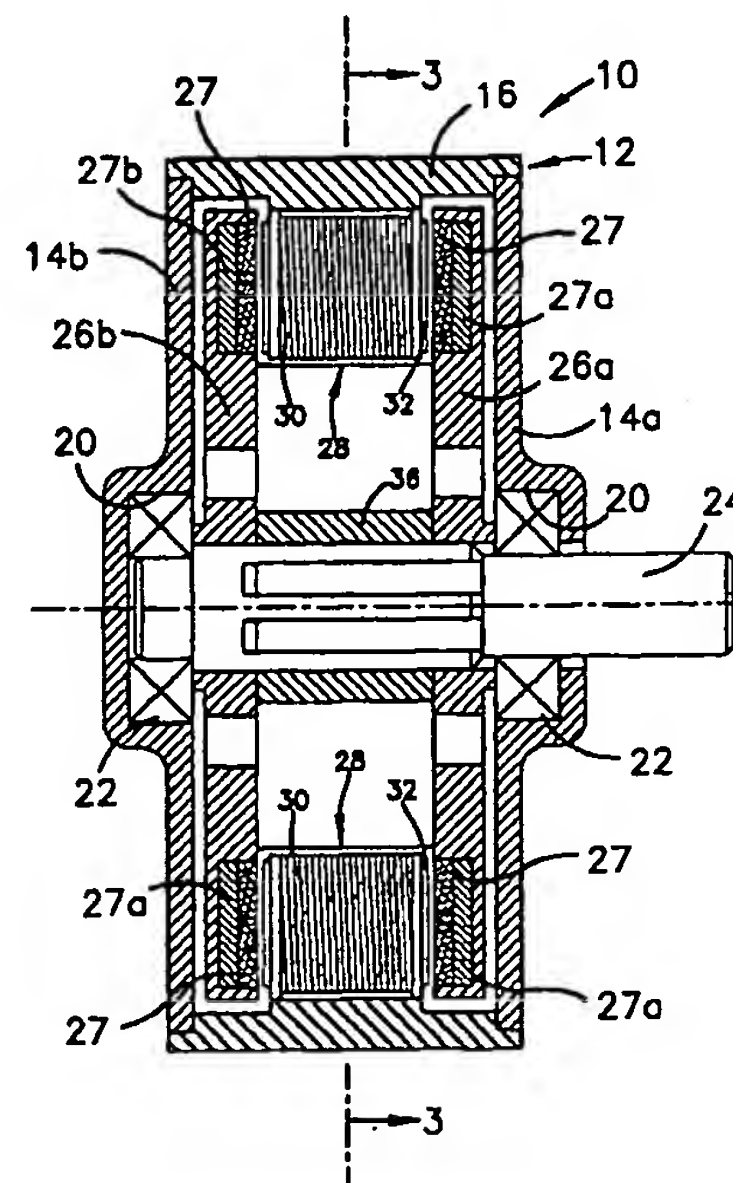
(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE

(57) Abstract

The invention relates to an electric machine (10) which can be operated as a motor or a generator. Said machine comprises a rotor (26a, 26b) rotatably mounted in a housing (12), a rotor shaft (24) which extends beyond the housing (12) and a plurality of electromagnet components (28) that are statically arranged in the housing at a distance from the axis of rotation of the rotor in evenly distributed angular distances. Said electromagnet components have each a wire-wound coil (30) consisting of a coil core (32) which carries one or more conductors. The pole faces of the front faces of said coil cores (32) are aligned with the pole faces of permanent magnets (27) that are statically mounted in or on the rotor. Said permanent magnets have alternating polarities along the direction of circumference. The coil cores (32) of the electromagnet components (28) are arranged in parallel to the axis of rotation of the rotor shaft in the interior of the housing in such a manner that their opposite front faces lie in two planes that are spaced apart and that are in a rectangular position with respect to the rotation of axis of the rotor shaft. The ends of the electric conductors representing the wire-wound coil (30) of the individual electromagnet components (28) are interconnected via an electric or electronic control device to at least two electric connections.

(57) Zusammenfassung

Als Motor oder Generator betreibbare elektrische Maschine (10) mit einem in einem Gehäuse (12) drehbar gelagerten Rotor (26a, 26b), mit aus dem Gehäuse (12) herausgeführter Rotorwelle (24) und einer Vielzahl von mit Abstand von der Rotor-Drehachse in gleichmäßigen Winkelabständen ortsfest im Gehäuse angeordneten Elektromagnet-Bauelementen (28), die jeweils einen eine Spulenwicklung (30) aus einem oder mehreren Leitern tragenden Spulenkern (32) aufweisen. Die Polflächen der Stirnflächen der Spulenkern (32) sind zu den Polflächen von drehfest im oder am Rotor gehaltenen Permanentmagneten (27) ausgerichtet, welche in Umfangsrichtung aufeinanderfolgend jeweils entgegengesetzte Polarität aufweisen. Die Spulenkern (32) der Elektromagnet-Bauelemente (28) sind derart parallel zur Drehachse der Rotorwelle im Gehäuseinnern angeordnet, dass ihre gegenüberliegenden Stirnflächen jeweils in zwei voneinander beabstandeten, rechtwinklig zur Rotorwellen-Drehachse verlaufenden Ebene liegen. Die Enden der die Spulenwicklung (30) bildenden elektrischen Leiter der einzelnen Elektromagnet-Bauelemente (28) sind über eine elektrische oder elektronische Steuereinrichtung zu wenigstens zwei elektrischen Anschlüssen zusammengeschaltet.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Elektrische Maschine

Elektrische Maschine mit einem in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotor mit aus dem Gehäuse herausgeführter Rotorwelle, einer Vielzahl von mit Abstand von der Rotor-Drehachse in gleichmäßigen Winkelabständen ortsfest im Gehäuse angeordneten Elektromagnet-Bauelementen mit jeweils einer Spulenwicklung aus einem oder mehreren Leitern tragenden Spulenkern und mit in gleichmäßigen Winkelabständen angeordneten, mit jeweils einer Polfläche zu den Stirnflächen der Spulenkern gegenüberstehend ausgerichteten, drehfest im oder am Rotor gehaltenen Permanentmagneten mit in Umfangsrichtung aufeinanderfolgend jeweils entgegengesetzter Polarität, wobei die Spulenkern der Elektromagnet-Bauelemente derart parallel zur Drehachse der Rotorwelle im Gehäuse seinnern angeordnet sind, dass ihre gegenüberliegenden Stirnflächen jeweils in zwei voneinander beabstandeten, rechtwinklig zur Rotorwellen-Drehachse verlaufenden Ebenen liegen und die Enden der die Spulenwicklung bildenden elektrischen Leiter der einzelnen Elektromagnet-Bauelemente über eine elektrische oder elektronische Steuereinrichtung zu wenigstens zwei elektrische Anschlusspaare zusammengeschaltet sind.

25 Solche an elektrische Stromquellen anschließbare Maschinen finden aufgrund des günstigen Leistungs-Gewichts-Verhältnisses beispielsweise als Radnaben-Motoren für Fahrzeugan-

triebe Verwendung. Dabei ist der Aufbau dieser Motoren so
ausgestaltet, dass die Permanent-Magneten so in einer dreh-
fest mit der Rotorwelle verbundenen Scheibe aus unmagneti-
ischem Material gehalten sind, dass ihre Polflächen beidsei-
5 tig frei in den Flachseiten des scheibenförmigen Rotorläu-
fers münden, wobei die Magnete so angeordnet sind, dass in
Umfangsrichtung auf der gleichen Seite des Läufers aufein-
anderfolgende Polflächen jeweils entgegengesetzte Polarität
aufweisen. In einem dem mittleren radialen Abstand der Per-
10 manent-Magneten von der Rotorwellen-Drehachse entsprechen-
den Abstand sind auf den dem scheibenförmigen Rotorläufer
zugewandten Innenseiten der Gehäusedeckel oder -radialwän-
den die Elektromagnet-Bauelemente in Form von auf Metall-
kernen gewickelten Spulen angeordnet. Die Ansteuerung die-
15 ser Spulen erfolgt dabei vorzugsweise durch eine ein magne-
tisches Drehfeld erzeugende elektronische Steuerungsein-
richtung, wodurch die grundsätzlich ebenfalls denkbare aber
verschleißbehaftete Ansteuerung von auf einem Kommutator
schleifenden Kontakten entfällt. Solche elektronisch ange-
20 steuerten Maschinen werden auch als bürstenlose Scheiben-
läufer-Maschinen bezeichnet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bekannten
elektrischen Maschinen im Wirkungsgrad zu verbessern und
25 ein Nachlassen der Leistung durch Verringerung der Magneti-
sierung der Permanent-Magnete im Laufe der Zeit zu minimie-
ren. Dabei sollen die Maschinen preisgünstig und einfach zu
produzieren sein und ein günstiges Leistungsgewicht haben.

30 Ausgehend von einer elektrischen Maschine der eingangs er-
wähnten Art wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch ge-
löst, dass der Rotor wenigstens zwei sich radial bis vor
die Stirnflächen der Spulenkerne erstreckende äußere Läu-
ferscheiben aufweist, in denen die Permanentmagneten mit
35 ihren Polflächen zu den jeweils zugeordneten Spulenkern-
Stirnflächen ausgerichtet gehalten sind, dass jeweils Paare
von in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden, am spulenzuge-

wandten freien Ende jeweils mit einer Polfläche unterschiedlicher Polarität versehenen Schenkeln der in den beiden gegenüberliegenden äußeren Läuferscheiben vorgesehenen Permanentmagneten in den polflächenabgewandten Endbereichen durch jeweils ein das Magnetfeld weitgehend einschließendes Joch aus weich- oder hartmagnetischem Material miteinander verbunden sind, dass die Läuferscheiben durch radial verlaufende, den Hohlraum zwischen den Läuferscheiben in eine Anzahl von in Umfangsrichtung zueinander versetzte, zu den Elektromagnet-Bauelementen hin offene Kammern bildende radial verlaufende Wände miteinander verbunden sind, und dass in den Läuferscheiben jeweils in deren radial innerem Bereich die Kammern des Rotors mit dem Gehäuseinnern verbindende, radial innere Durchlassöffnungen vorgesehen sind.

Anstelle von beidseitig einer Läuferscheibe angeordneten Elektromagnet-Bauelementen treten nun mittig zwischen zwei Läuferscheiben angeordnete und somit zweckmäßig an der Umfangswandung des Gehäuses der Maschine starr befestigte Elektromagnet-Bauelemente. Die Permanent-Magneten sind durch das jeweils zwei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgende Einzelmagneten verbindende Joch nach Art von Hufeisen-Magneten ausgebildet, wodurch ein Aufbau des Motors erreicht wird, bei dem das magnetische Feld der Permanent-Magneten weitestgehend innerhalb des magnetischen Materials der durch das Joch verbundenen Permanent-Magneten der Spulenkerne eingeschlossen gehalten wird, so dass lediglich in den schmalen Luftspalt zwischen den Stirnflächen der Spulenkerne der Elektromagnet-Bauelemente und den Polflächen der Elektromagneten ein geringes magnetisches Streufeld entstehen kann. Verluste des in den elektromagnetischen Bauelementen erzeugten magnetischen Drehfelds bei Schaltung der Maschine als Motor sind somit minimiert. Dies gilt auch bei Einsatz der Maschine als Generator, der sich beispielsweise für Windkraftanlagen etc. anbietet, wobei eine direkte Koppelung der Rotor-Drehachse mit der Abtriebsachse des Windrades ohne Zwischenschaltung eines Untersetzungsgetriebes möglich ist. Neben dem günstigen elektrischen Wirkungs-

grad des Generators werden dann auch die mechanischen Verluste im Zwischengetriebe vermieden. Die die Läuferscheiben verbindenden, radial verlaufenden Wände wirken dabei wie die Schaufeln eines Gebläses, d.h. über die radial inneren Durchlassöffnungen in den Läuferscheiben wird Luft aus dem Gehäuse angesaugt und als Kühlluftstrom radial nach außen zwischen die Elektromagnet-Bauelemente geblasen.

Im einfachsten Fall ist im Gehäuseinnern der Maschine eine Reihe von Elektromagnet-Bauelementen vorgesehen, wobei der Rotor dann zwei auf gegenüberliegenden Seiten vor die Spulenkern-Stirnflächen der Elektromagnet-Bauelemente geführte äußere Läuferscheiben aufweist.

Eine Erhöhung der Leistung der Maschine kann ohne Vergrößerung des Durchmessers dadurch erfolgen, dass zwei oder mehr in Rotorwellen-Längsrichtung voneinander beabstandete Reihen von Elektromagnet-Bauelementen im Gehäuseinnern angeordnet werden, wobei der Rotor neben den beiden vor die in entgegengesetzte Richtungen weisenden äußeren Stirnflächen der Spulkerne der äußersten Reihen geführten äußeren Läuferscheiben je eine in den Zwischenraum zwischen benachbarte Reihen von Elektromagnet-Bauelementen vor deren einander zugewandte Stirnflächen geführte zusätzliche Läuferscheibe mit Permanent-Magneten aufweist, und die jeweils auf gegenüberliegenden Seiten der jeweiligen zusätzlichen Läuferscheibe freiliegenden Polflächen unterschiedliche Polarität der Permanent-Magneten in radialer Richtung zu den Stirnflächen der Spulkerne der Elektromagnet-Bauelement-Reihen ausgerichtet sind. Die in den zusätzlichen Läuferscheiben angeordneten Permanent-Magnete werden also - abweichend von den Permanent-Magneten in den äußeren Läuferscheiben - nicht als Hufeisen-Magnete, sondern als Stabmagnete kurzer Längenerstreckung ausgebildet, um so die Luftspalte zwischen den Polflächen dieser Magnete und den zugewandten Stirnflächen der Spulkerne der Elektromagnet-Bauelemente

klein zu halten und somit Verluste durch magnetische Streufelder zu vermeiden.

Das Gehäuseinnere wird dabei zweckmäßig gegen die Außenatmosphäre dicht abgeschlossen, wobei diese Abdichtung im Bereich der aus dem Gehäuse herausgeführten Welle der Maschine durch eine entsprechende Dichtung erfolgt. Die durch die radial inneren Durchlassöffnungen in den Läuferscheiben aus dem Gehäuseinnern angesaugte und zwischen den Elektromagnet-Bauelementen hindurchgeblasene Luft nimmt Wärme von den Spulen der Elektromagnet-Bauelemente auf. Über den Außenumfang der Läuferscheiben tritt die umgewälzte Luft dann in den Zwischenraum zwischen dem Rotor und den Stirnwänden des Gehäuses über und wird zu den radial inneren Durchlassöffnungen zurückgesaugt. Auf diese Weise entsteht im Innern des Gehäuses eine in sich geschlossene Luftströmung, welche nicht nur die Elektromagnet-Bauelemente, sondern alle weiteren im Gehäuseinnern frei liegenden Flächen beaufschlagt und die Entstehung von örtlich höheren Temperaturen (hot-spots) verhindert.

Zur Abfuhr der in der Maschine entstehenden und in die umgewälzte Luft abgegebene Wärme empfiehlt es sich, die Außen- und/oder Innenseite des Gehäuses zu verrippen, um so die wärmeabgebende bzw. aufnehmende Fläche des Gehäuses zu vergrößern. Dabei kann es im speziellen Fall von Vorteil sein, wenn auf den rotorzugewandten Innenflächen der Gehäuse-Stirnwände radial verlaufende Rippen vorgesehen sind, zwischen denen radiale Kanäle für die Rückführung der im Gehäuseinnern umgewälzten gasförmigen Atmosphäre gebildet sind.

Die radialen Kanäle können außerdem läuferscheibenseitig durch eine metallische Platte abgeschlossen sein, so dass zwischen den radialen Rippen lediglich am radial inneren und am radial äußeren Ende offene, mit dem Gehäuseinnern

verbundene geschlossene Kanäle entstehen, durch welche die Rückführung der umgewälzten Luft erfolgt.

5 Die Kühlung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine kann alternativ auch durch Durchströmungen mit Umgebungsluft erfolgen, indem in den Durchlassöffnungen in den Läuferscheiben gegenüberliegenden Bereichen des Gehäuses Luft-Einlassöffnungen und radial nach außen versetzt Luft-Auslassöffnungen im Gehäuse vorgesehen werden.

10

Die Elektromagnet-Bauelemente sind dabei in gleichmäßigen Abständen in Umfangsrichtung angeordnet vorgesehen und treten von der Innenseite der Gehäuse-Umfangswand in den zwischen den Läuferscheiben gebildeten Zwischenraum vor.

15

Von Vorteil kann dabei eine Ausgestaltung insbesondere der Maschine der eingangs erwähnten Art sein, bei welcher jeder Polfläche der Permanentmagneten in Umfangsrichtung eine Erstreckung aufweist, welche zwei Polflächen der Spulen von
20 zwei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen überdeckt, und dass die Steuerung so ausgebildet ist, dass sie zum Antrieb des Rotors bei jeweils einer Drehung desselben um einen dem Winkelabstand zwischen zwei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen entsprechenden Winkelabstand aufeinanderfolgend
25 die Polarität jedes zweiten in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelements umschaltet. Hierbei entsteht dann eine 2-phasige Maschine.

30

Alternativ können jeder Polfläche der Permanentmagneten in Umfangsrichtung auch drei Polflächen der Spulen von drei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen zugeordneten sein, wobei die Steuerung dann so ausgebildet ist, dass sie zum Antrieb des Rotors nach dessen
35 Drehung um einen dem Winkelabstand zwischen in Umfangsrichtung aufeinanderfolgende Elektromagnet-Bauelementen entsprechenden Winkelabstand die Polarität jedes dritten in

Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelements umschaltet, so dass eine 3-phasige Maschine entsteht.

5 Grundsätzlich können jeder Polfläche der Permanentmagneten in Umfangsrichtung auch mehr als drei Polflächen der Spulen von in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen zugeordnet sein, wobei die Steuerung dann so ausgebildet ist, dass sie zum Antrieb des Rotors nach einer
10 Drehung desselben um einen dem Winkelabstand zwischen aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen entsprechenden Winkelabstand aufeinanderfolgend die Polarität von jeweils einem der in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelemente der einem Permanentmagneten zugeordneten Gruppe von Elektromagnet-Bauelementen umschaltet.

15 Durch Zusammenschaltung jeweils der Spulen von in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Gruppen von jeweils einem Permanentmagneten zugeordneten Elektromagnet-Bauelementen wird der bauliche Aufwand der die Polarität der Spulen umsteuernden Leistungselektronik gegenüber einer Einzelansteuerung jeder einzelnen Spule deutlich verringert. So reduziert sich die elektrische Steuerschaltung bei einer 2-
20 phasigen Maschine auf eine 2-phasige Wechselrichtersteuerung mit veränderbarer Amplitude und Frequenz. Zwischen zwei gegenüberliegenden hufeisenförmigen Magnetsegmenten befinden sich die vier Spulen von vier Elektromagnet-Bauelementen. Es werden gleichzeitig die erste und die dritte und im nächsten Schritt die zweite und die vierte Spule umgeschaltet. Die Polarität der ersten und dritten sowie der
25 zweiten und vierten Spule sind entgegengesetzt. Die erste und dritte sowie die zweite und vierte Spule können also fest miteinander verdrahtet werden, da die dritte und vierte Spule jeweils spiegelbildlich zur ersten und zweiten Spule angesteuert werden. Es ist also möglich, mit einer 2-
30 phasigen Steuerung in der Praxis eine 4-phasige Ansteuerung zu verwirklichen.

Die Drehrichtung und die Drehzahl des Motors kann dadurch bestimmt werden, dass der Umschaltpunkt für die Spulen für die Umschaltung von einer auf die andere Polarität über einen Positionsgeber angesteuert wird, welcher die relative Drehstellung des Rotors im Gehäuse abtastet. Der Umschaltpunkt für die Ansteuerung der Spule wird also durch den Sensor bestimmt, der die Frequenz vorgibt. Dabei ist die Umschaltfrequenz nicht mit der Motordrehzahl identisch, sondern sie gilt für ein Magnetsegment. Besteht der Motor aus zehn Segmenten mit zwei Schaltimpulsen pro Phase und Segment, so ergibt sich also eine 20-fache Schaltfrequenz gegenüber der Motordrehzahl.

Als Positionsgeber wird dabei zweckmäßig ein die relative Drehstellung des Motors in bezug auf das Gehäuse berührungslos abtastender Sensor, insbesondere ein optischer Sensor, vorgesehen.

Die Elektromagnet-Bauelemente können mit Vorteil jeweils auf gesonderten Trägerelementen gehalten sein, welche in jeweils einer zugeordneten Öffnung in der Umfangswand des Gehäuses derart montierbar sind, dass die Polflächen der Spulen der Elektromagnet-Bauelemente in der bestimmungsgemäßen Montagestellung in Ausrichtung zu den Polflächen der Permanentmagnete zwischen den Läuferscheiben stehen. Im Falle der Beschädigung oder des Ausfalls der Spule einzelner Elektromagnet-Bauelemente können diese Elektromagnet-Bauelemente dann einzeln demontiert und repariert oder durch funktionsfähige neue Elektromagnet-Bauelemente ersetzt werden.

Alternativ ist auch die vormontierte Anordnung der Elektromagnet-Bauelemente in einer ringförmigen Halterung denkbar, die ihrerseits im Gehäuseinnern gehalten ist. Diese Ausgestaltung setzt allerdings die Möglichkeit der gesonderten Montage wenigstens einer der Läuferscheiben des Rotors voraus.

Die Elektromagnet-Bauelemente können jeweils auch zwei gesonderte Spulen mit entgegengesetztem Windungssinn, d.h. umgepolte differenziale Wicklungen, aufweisen, die dann wahlweise durch eine elektrische oder elektronische Steuerung einrichtung ansteuerbar sind. Auf diese Weise ist dann die Polarität des jeweiligen Elektromagnet-Bauelements - abhängig von der Ansteuerung der jeweiligen Spulenwicklung durch elektronische Ansteuerung - umkehrbar.

10

Wenn die erfindungsgemäße Maschine als Generator eingesetzt werden soll, werden die Enden der die Spulenwicklung bildenden elektrischen Leitungen jedes Elektromagnet-Bauelements zweckmäßig an die Eingangsanschlüsse einer gesonderten Gleichrichterschaltung angeschlossen, wobei dann die Gleichrichterschaltungen ausgangsseitig auf ein Paar von elektrischen Sammelleitungen zusammengeschaltet sind. Der sich aus der Summe der in den Einzelspulen über die jeweils zugeordnete Gleichrichterschaltung erzeugten Gleichströme zusammengesetzte Gleichstrom kann dann der Sammelleitung entnommen werden. Diese Ausgestaltung empfiehlt sich insbesondere dann, wenn der Generator mit wechselnden Drehzahlen angetrieben wird, wie dies beispielsweise bei der elektrischen Stromerzeugung mit Windkraft bei Windkraftanlagen mit Rotorblättern ohne Blattverstellung aufgrund unterschiedlicher Windgeschwindigkeiten und -stärken der Fall sein kann.

15

20

25

Der durch einen derartigen Generator erzeugte Gleichstrom kann dann in einer nachgeschalteten elektronischen Wechselrichterschaltung in einen netzsynchronen Wechsel- bzw. Drehstrom umgeformt werden.

30

Die Erfindung ist in der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert, und zwar zeigt:

35

Fig. 1 einen durch die Drehachse der Rotor-
welle gelegten Längsmittelschnitt
durch ein erstes Ausführungsbeispiel
einer erfindungsgemäßen elektrischen
Maschine mit einer Reihe von Elektro-
magnet-Bauelementen und zwei äußeren
Läuferscheiben;

Fig. 2 einen in der Schnittführung der Figur 1 entsprechenden Längsmittelschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel mit zwei in Längsrichtung voneinander beabstandeten Reihen von Elektromagnet-Bauelementen und zusätzlich einer mittleren, zwischen den beiden Reihen von Elektromagnet-Bauelementen vorgesehenen Läuferscheibe;

Fig. 3 eine Schnittansicht der elektrischen Maschine gemäß Fig. 1, gesehen in Richtung der Pfeile 3-3 in Fig. 1;

Fig. 4 eine Schnittansicht durch den Rotor
der in den Fig. 1 und 3 gezeigten
elektrischen Maschine in der der Fig.
3 entsprechenden Schnittebene;

Fig. 5 eine Schnittansicht durch den Rotor,
gesehen in Richtung der Pfeile 5-5 in
Figur 4; und

Fig. 6 ein schematisches Schaltbild eines in der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine einsetzbaren Elektromagnet-Bau-
elements in einer Sonderausführung mit
zwei gesonderten, mit entgegengesetz-
tem Windungssinn auf dem Spulenkern

5 aufgebrachten Spulenwicklungen, die
 wahlweise von einer elektronischen
 Steuereinrichtung ansteuerbar und so
 in der Polarität wahlweise umschaltbar
 sind.

10 Das in Fig. 1 gezeigte, in seiner Gesamtheit mit 10 be-
 zeichnete Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elek-
 trischen Maschine ist grundsätzlich als Motor oder Genera-
 tor einsetzbar. Die Maschine 10 weist ein im speziellen
 Fall in Axialrichtung relativ kurz bauendes Gehäuse 12 auf,
 welches sich aus zwei scheibenartigen Gehäusestirnwänden
 14a, 14b relativ großen Durchmessers und der praktisch zu
 einem zylindrischen Ring relativ geringer Länge umgestalte-
 ten eigentlichen Gehäuse-Umfangswand 16 zusammensetzt. Ge-
15 häuse-Stirnwände 14a, 14b und Gehäuse-Umfangswand 16 sind
 durch - nicht gezeigte - Schrauben oder andere Befesti-
 gungsmittel demontierbar miteinander verbunden, wobei die
 Gehäuse-Umfangswand 16 zur Erleichterung der Montage und
 Demontage der Maschine 10 auch in einer durch die Längsmit-
20 telachse des Gehäuses verlaufenden Trennebene in zwei mit-
 einander verschraubbare oder in anderer Weise miteinander
 verbindbare Umfangswand-Hälften geteilt sein kann.

25 In den Stirnwänden 14a, 14b ist jeweils mittig eine Lage-
 raufnahme 20 für ein Radiallager 22 gebildet, in denen eine
 die Gehäuse-Stirnwand 14a durchsetzende Welle 24 drehbar
 gelagert ist.

30 In den radial außenliegenden Bereichen der Läuferscheiben
 26a, 26b sind in Umfangsrichtung aufeinander folgend in
 gleichmäßigen Winkelabständen Permanentmagneten 27 gehal-
 ten, deren nach innen, d.h. zur jeweils gegenüberliegenden
 Läuferscheibe 26b, 26a weisende Polflächen in Umfangsrich-
 tung aufeinander folgend unterschiedliche Polarität aufwei-
35 sen. Auch die sich in Axialrichtung gegenüberliegenden Pol-
 flächen der Permanentmagnete 27 der beiden Läuferscheiben

haben unterschiedliche Polarität. Die Permanentmagnete 27 sind in Aussparungen der Läuferscheiben 26a, 26b gehalten, wobei in Umfangsrichtung aufeinander folgende Permanentmagnete 27 jeweils durch Verbindung ihrer spulenabgewandten Stirnflächen durch ein das Magnetfeld weitgehend einschließendes Joch 27a aus hart- oder weichmagnetischem Material zu einem Hufeisen-Magneten zusammengeschlossen sind.

Auf der Innenwandung der Gehäuse-Umfangswand 16 sind ebenfalls in gleichmäßigen Winkelabständen versetzt - Elektromagnet-Bauelemente 28 mit jeweils einer Spulenwicklung 30 aus einem oder mehreren Leitern tragenden Spulenkern 32 angeordnet. Die Enden der Leiter der Spulenwicklung 30 sind an einer elektronischen Steuereinrichtung angeschlossen, welche den der Steuereinrichtung von einer elektrischen Stromquelle zugeführten elektrischen Strom derart gesteuert in die Spulen 30 einspeist, dass in den Elektromagnet-Bauelementen 28 ein magnetisches Drehfeld erzeugt wird, welches in Wechselwirkung mit den auf den Läuferscheiben 26a, 26b angeordneten Permanentmagneten 27 eine relative Drehung des Rotors und somit der Welle 24 zum Gehäuse 12 zur Folge hat. In Verbindung mit der erwähnten - nicht gezeigten - elektronischen Steuerung stellt die elektrische Maschine gemäß Fig. 1 also einen von einer Gleichstromquelle antreibbaren bürstenlosen elektrischen Axialfeldmotor dar. Wenn umgekehrt die Welle 24 angetrieben wird, wird von den sich mit den Läuferscheiben (26a, 26b) drehenden Permanentmagneten 27 in den Elektromagnet-Bauelementen 28 ein elektrisches Drehfeld erzeugt, welches an den Enden der Spulen 30 der Elektromagnet-Bauelementen 28 abnehmbar und durch eine geeignete Gleichrichterschaltung als Gleichstrom genutzt werden kann. Durch entsprechende elektronische Steuereinrichtungen kann das elektrische Drehfeld alternativ auch in Dreh- oder Wechselstrom umgeformt werden.

In Fig. 2 ist ein in seiner Gesamtheit mit 10' bezeichnetes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine dargestellt, deren Leistung ohne Durchmesserervergrößerung dadurch erhöht ist, dass in Rotorwellen-Längsrichtung zwei voneinander beabstandete Reihen von Elektromagnet-Bauelementen 28 im Innern des Gehäuses 12 angeordnet sind. Der Rotor weist neben den beiden vor die in entgegengesetzte Richtung weisenden äußeren Stirnflächen der Spulenkerne der Elektromagnet-Bauelemente 28 geführten äußeren Läufer-scheiben 26a, 26b eine zusätzlich in den Zwischenraum zwischen die beiden Reihen von Elektromagnet-Bauelementen 28 geführte dritte Läufer-scheibe 26c auf. In dieser mittleren Läufer-scheibe 26c sind Permanentmagneten 27 eingelassen. Auf diese Weise können die Luftspalte zwischen den Polflächen der Permanentmagnete 27 und den Stirnflächen der Spulenkerne 32 der Elektromagnet-Bauelemente 28 in der mittleren Läufer-scheibe 26c klein gehalten und somit Verluste durch magnetische Streufelder vermieden werden. Auch hier kann die Gehäuse-Umfangswand 16 wieder aus Montagegründen entlang einer mittigen Ebene geteilt sein.

Abgesehen von der in Axialrichtung versetzt angeordneten zweiten Reihe von Elektromagnet-Bauelementen 28 und der Anordnung der zusätzlichen mittleren Läufer-scheibe 26c entspricht die Maschine funktionell der vorstehenden Verbindung mit Fig. 1 beschriebene elektrischen Maschine, so dass es bezüglich der Ausgestaltung der elektrischen Maschine 10' im übrigen genügt, auf die vorausgehende Beschreibung der Maschine 10 zu verweisen, zumal funktionell gleichen Bauteil der beiden Maschinen in den Zeichnungsfiguren gleiche Bezugszeichen zugeordnet sind.

Es ist ersichtlich, dass eine weitere Leistungserhöhung ohne Durchmesserervergrößerung durch Anordnung einer weiteren oder mehrerer weiterer axial versetzte Reihen von Elektromagnet-Bauelementen möglich ist, zwischen denen dann je-

weils wieder eine zusätzliche Läuferscheibe mit Permanentmagneten angeordnet wird.

Aus der in Fig. 3 schematisiert dargestellten Schnittansicht der in Fig. 1 gezeigten elektrischen Maschine 10 ist erkennbar, dass von der Gehäuse-Umfangswand 16 des Gehäuses 12 in gleichmäßiger Verteilung in Umfangsrichtung zueinander versetzt - im dargestellten Fall insgesamt vierundzwanzig - Elektromagnet-Bauelemente 28 angeordnet sind.

Die Welle 24 trägt - wie erwähnt - den auf ihr drehfest gehaltenen Rotor, der in den Figuren 4 und 5 auch noch gesondert dargestellt ist und die beiden voneinander beabstandeten, sich radial bis in die Nähe der Gehäuse-Umfangswand 16 erstreckenden Läuferscheiben 26a, 26b aus unmagnetischem Material aufweist, in denen die in Umfangsrichtung aufeinander folgend in gleichmäßigen Winkelabständen gehaltene Permanentmagnete 27 angeordnet sind, und zwar im dargestellten Fall insgesamt zwölf Permanentmagnete, deren innen, d.h. zur jeweils gegenüber liegenden Läuferscheibe 26b, 26a weisenden Polflächen in Umfangsrichtung aufeinander folgend unterschiedliche Polarität aufweisen. Auch die in Axialrichtung gegenüber liegenden Polflächen der Permanentmagnete 27 der beiden Läuferscheiben 26a, 26b haben unterschiedliche Polarität. In Umfangsrichtung erstreckt sich jede Polfläche eines Permanentmagneten im dargestellten Ausführungsbeispiel über zwei Polflächen der Spulenkerne 32 von in Umfangsrichtung aufeinander folgenden Elektromagnet-Bauelementen.

Die nicht gezeigten Enden der Leiter der Spulenwicklung 30 der Elektromagnet-Bauelemente sind aus dem Gehäuse herausgeführt und dann in geeigneter Weise an die bereits angesprochene elektronischen Steuereinrichtung angeschlossen, welche den von einer elektrischen Stromquelle zugeführten elektrischen Strom derart gesteuert in die Spulen der Elektromagnet-Bauelemente einspeist, dass diese das magneti-

sches Drehfeld erzeugen, welches in Wechselwirkung mit den auf den Läuferscheiben 26a, 26b angeordneten Permanentmagneten die Drehung des Motors 10 und somit der Welle 24 zur Folge hat.

5

Die Läuferscheiben 26a, 26b sind jeweils auf den äußeren Stirnflächen eines Nabenkörpers 36 (Fig. 4 und 5) angeordnet, von dem radiale Wände 38 in den Zwischenraum zwischen den Läuferscheiben 26a, 26b vorspringen, deren radiale Erstreckung so gewählt ist, dass die von der Gehäuse-Umfangswand 16 radial nach innen vortretende Elektromagnet-Bauelemente 28 noch radial in den Zwischenraum zwischen den Läuferscheiben 26a, 26b eintreten können, ohne an den radial äußeren Enden der vom Nabenkörper 36 vortretenden radialen Wände 38 anzustoßen. Jeweils zwischen zwei in Umfangsrichtung aufeinander folgenden radialen Wänden 38 des Nabenkörpers 36 sind zusätzlich an den einander zugewandten Innenflächen der Läuferscheiben 26a, 26b befestigte radiale Wände 38' vorgesehen, wodurch eine Reihe von in Umfangsrichtung aufeinander folgenden Kammern 40 gebildet werden, die innen vom Nabenkörper 36 und seitlich von den Läuferscheiben 26a, bzw. 26b abgeschlossen sind. Unmittelbar oberhalb des Nabenkörpers 36 sind in beiden Läuferscheiben 26a und 26b in die Kammern 40 führende innere Durchlassöffnungen 46 vorgesehen. Bei sich drehendem Rotor kann also über die Durchlaßöffnungen 46 Luft aus dem Gehäuseinnern in die Kammern 40 übertreten und wird dort durch die Zentrifugalkraft des sich drehenden Rotors radial nach außen beschleunigt. Diese radial nach außen strömende Luft tritt dann aus den Kammern 40 aus und trifft auf die von der Umfangswand 16 des Gehäuses 12 in den Zwischenraum zwischen den Läuferscheiben 26a, 26b vortretenden Elektromagnet-Bauelemente und tritt durch die Zwischenräume zwischen diesen Bauelementen hindurch, umströmt diese und kann dann über die Umfangsfläche der Läuferscheiben hinweg wieder in den Zwischenraum zwischen den Läuferscheiben 26a, 26b und den Gehäuse-Stirnwänden 14a, 14b übertreten. Der vom Nabenkörper

10

15

20

25

30

35

per, den radialen Wänden 38 und 38' und den Läuferscheiben 26a, 26b gebildete Rotor stellt also gleichzeitig das Lauf-
rad eines Gebläses dar, welches eine Zwangs-Umlaufströmung
der im Gehäuse eingeschlossenen Luft oder - in Sonderfällen
5 - einer dort eingebrachten Gasfüllung bewirkt. Sobald die
Temperatur in der erzwungenen Umlaufströmung über die Umge-
bungstemperatur ansteigt, wird Wärme über das Gehäuse, d.h.
die Gehäuse-Umfangswand 16 und die Gehäuse-Stirnwände 14a
und 14b zur Außenatmosphäre abgeführt. Durch Verrippung der
10 Flächen des Gehäuses kann sowohl der Wärmeübergang von der
erzwungenen Umlaufströmung im Gehäuseinnern auf das Gehäuse
als auch die Wärmeabgabe vom Gehäuse an die Umgebungsatmo-
sphäre gefördert werden. Anstelle der erzwungenen Umlauf-
strömung im Gehäuseinnern kann auch eine Kühlung mit Außen-
15 luft erfolgen, wenn in den Gehäuse-Stirnwänden 14a und 14b
etwa in Ausrichtung zu den Durchlassöffnungen 46 in den
Läuferscheiben 26a, 26b Lufteinlässe und in der Gehäuse-Um-
fangswand 16 im Bereich zwischen den Elektromagnet-Bauele-
menten 28 Auslassöffnungen für die geförderte Umgebungsluft
20 vorgesehen werden.

In Fig. 6 ist schematisch die Schaltung eines Elektromag-
net-Bauelements 28 einer Sonderausführung der Elektromag-
net-Bauelemente dargestellt, deren Spulenkern zwei in ent-
25 gegengesetztem Windungssinn übereinander gewickelte Spulen-
wicklungen 30a und 30b trägt. Es ist erkennbar, dass die
Enden der beiden Spulenwicklungen 30a, 30b an die gleiche
Strom führende Leitung angeschlossen sind, während die an-
deren Enden der beiden Spulenwicklungen jeweils an geson-
30 derte zu einer elektronischen Steuereinheit EC führende
Leitung angeschlossen sind, über welche die zweite Strom-
leitung wahlweise auf die erste Spulenwicklung 30a oder die
zweite Spulenwicklung 30b geschaltet werden kann.

35 Zu der in Fig. 6 getroffenen Darstellung der Spulenwicklung
ist noch darauf hinzuweisen, dass die Spulenwicklung 30a
hier nur zur Hälfte dargestellt ist, um den oberen Teil der

unter ihr liegenden Spulenwicklung 30b darstellen zu können. In der Praxis erstreckt sich die Wicklung 30a über die volle Länge des Spulenkerns 32. Man spricht in einem solchen Fall auch von umgepolten Differenzial-Wicklungen.

5

Es ist ersichtlich, dass im Rahmen des Erfindungsgedankens Abwandlungen und Weiterbildungen der beschriebenen Ausführungsbeispiele der elektrischen Maschine 10 bzw. 10' verwirklichtbar sind.

10

Beim Antrieb der elektrischen Maschine 10 als Elektromotor kann anstelle des in der Beschreibung vorausgesetzten Drehabtriebs über die Welle 24 alternativ auch die Welle 24 über einen geeigneten Flansch an einem starren Bauteil befestigt werden. Bei Beaufschlagung des Motors mit Strom wird dann das Gehäuse 12 in Drehung versetzt. In dieser Ausgestaltung kann die elektrische Maschine beispielsweise als Radnabenmotor zum Antrieb von Fahrzeugen direkt an den Rädern eingesetzt werden. Um dann die Elektromagnet-Bauelemente 28, die sich in diesem Falle ja zusammen mit dem Gehäuse 12 drehen würden, nicht über Schleifkontakte oder Bürsten mit elektrischem Strom ansteuern zu müssen, wird zweckmäßig die Anordnung der Permanentmagnete 27 und der Elektromagnet-Bauelemente 28 vertauscht, d.h. die Elektromagnet-Bauelemente werden in dem nunmehr auf der festen Welle undrehbar gehaltenen Rotor angeordnet, während die Permanentmagnete 27 auf den Innenflächen des Gehäuses, d.h. den Innenflächen der Gehäuse-Stirnwände 14a, 14b angeordnet werden. Es handelt sich dann praktisch um eine kinematische Umkehr der elektrischen Maschine 10. Die Stromzufuhr zu den Elektromagnet-Bauelementen erfolgt dann über fest in der Welle verlegte Zuleitungen.

30

P a t e n t a n s p r ü c h e

=====

5 1. Elektrische Maschine (10; 10') mit einem in einem Ge-
häuse (12) drehbar gelagerten Rotor (26a, 26b; 26c; 36) mit
aus dem Gehäuse (12) herausgeführter Rotorwelle (24), einer
10 Vielzahl von mit Abstand von der Rotor-Drehachse in gleich-
mäßigen Winkelabständen ortsfest im Gehäuse angeordneten
Elektromagnet-Bauelementen (28) mit jeweils einem eine Spu-
lenwicklung (30) aus einem oder mehreren Leitern tragenden
Spulenkern (32) und mit in gleichmäßigen Winkelabständen
angeordneten, mit jeweils einer Polfläche zu den Stirnflä-
chen der Spulenkern (32) gegenüberstehend ausgerichteten
15 drehfest im oder am Rotor gehaltenen Permanentmagneten
(27) mit in Umfangsrichtung aufeinanderfolgend jeweils ent-
gegengesetzter Polarität, wobei die Spulenkern (32) der
Elektromagnet-Bauelemente (28) derart parallel zur Dreh-
achse der Rotorwelle (24) im Gehäuseinnern angeordnet sind,
20 dass ihre gegenüberliegenden Stirnflächen jeweils in zwei
voneinander beabstandeten rechtwinklig zur Rotorwellen-
Drehachse verlaufenden Ebenen liegen und die Enden der die
Spulenwicklung (30) bildenden elektrischen Leiter der ein-
zelnen Elektromagnet-Bauelemente (28) über eine elektrische
25 oder elektronische Steuereinrichtung zu wenigstens zwei
elektrischen Anschlüssen zusammengeschaltet sind,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass der Rotor wenigstens zwei sich radial bis vor die
Stirnflächen der Spulenkern erstreckende äußere Läufer-
30 scheiben (26a, 26b; 26c) aufweist, in denen die Permanent-
magnete (27) mit ihren Polflächen zu den jeweils zugeordne-
ten Spulenkern-Stirnflächen ausgerichtet gehalten sind,

dass jeweils Paare von in Umfangsrichtung aufeinander-
folgenden, am spulenzugewandten freien Ende jeweils mit ei-
35 ner Polfläche unterschiedlicher Polarität versehenen Schen-
keln der in den beiden gegenüberliegenden äußeren Läufer-
scheiben (26a, 26b) vorgesehenen Permanentmagneten (27) in

den polflächenabgewandten Endbereichen durch jeweils ein das Magnetfeld weitgehend einschließendes Joch (27a) aus weich- oder hartmagnetischem Material miteinander verbunden sind,

5 dass die Läuferscheiben (26a, 26b) durch radial verlaufende, den Hohlraum zwischen den Läuferscheiben in eine Anzahl von in Umfangsrichtung zueinander versetzte, zu den Elektromagnet-Bauelementen (28) hin offene Kammern (40) bildende radial verlaufende Wände (38; 38') miteinander
10 verbunden sind, und

 dass in den Läuferscheiben (26a, 26b) jeweils in deren radial innerem Bereich die Kammern (40) des Rotors mit dem Gehäuseinnern verbindende, radial innere Durchlassöffnungen (46) vorgesehen sind.

15

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Gehäuseinnern eine Reihe von Elektromagnet-Bauelementen (28) vorgesehen ist, und dass der Rotor zwei auf gegenüberliegenden Seiten vor die Spulenkern-Stirnflächen der Elektromagnet-Bauelemente (28) geführte äußere Läuferscheiben
20 (26a, 26b) aufweist.

25

3. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehr in Rotorwellen-Längsrichtung voneinander beabstandete Reihen von Elektromagnet-Bauelementen (28) im Gehäuseinnern angeordnet sind und dass der Rotor neben den beiden vor die in entgegengesetzte Richtung weisenden äußeren Stirnflächen der Spulkerne (32) der äußersten Reihen geführten äußeren Läuferscheiben (26a, 26b) je eine in den
30 Zwischenraum zwischen benachbarter Reihen von Elektromagnet-Bauelementen (28) vor deren einander zugewandte Stirnflächen geführte zusätzliche Läuferscheibe (26c) mit Permanentmagneten (27) aufweist, wobei die jeweils auf gegenüberliegenden Seiten der jeweiligen zusätzlichen Läufer-
35 scheibe freiliegenden Polflächen unterschiedlicher Polarität der Permanentmagneten (27) in radialer Richtung zu den

Stirnflächen der Spulenkerne (32) der Elektromagnet-Bauelement-Reihen ausgerichtet sind.

5 4. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuseinnere gegen die Außenatmosphäre dicht abgeschlossen ist.

10 5. Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Außen- und/oder Innenseite des Gehäuses (12) zur Vergrößerung seiner wärmeabgebenden bzw. aufnehmenden Fläche verrippt ist.

15 6. Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass auf den rotorzugewandten Innenflächen der Gehäuse-Stirnwände (14a; 14b) radial verlaufende Rippen vorgesehen sind, zwischen denen radiale Kanäle für die Rückführung der im Gehäuseinnern umgewälzten gasförmigen Atmosphäre gebildet sind.

20 7. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die radialen Kanäle läuferscheibenseitig durch eine metallische Platte abgeschlossen sind, so daß zwischen den radialen Wänden (38; 38') lediglich am radial inneren und am radial äußeren Ende offene, mit dem Gehäuseinnern verbundene geschlossene Kanäle entstehen.

25

30 8. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in den den Durchlassöffnungen (46) in den Läuferscheiben (26a; 26b) gegenüberliegenden Bereichen des Gehäuses (12) Luft-Einlassöffnungen und radial nach außen versetzt Luft-Auslassöffnungen im Gehäuse (12) vorgesehen sind.

35 9. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektromagnet-Bauelemente (28) in gleichmäßigen Abständen in Umfangsrichtung verteilt von der Innenseite der Gehäuseumfangswand (16) in den zwischen den

Läuferscheiben (26a, 26b) gebildeten Zwischenraum vortreten.

10. Elektrische Maschine (10; 10') mit einem in einem Gehäuse (12) drehbar gelagerten Rotor (26a, 26b; 26c; 36) mit aus dem Gehäuse (12) herausgeführter Rotorwelle (24), einer Vielzahl von mit Abstand von der Rotor-Drehachse in gleichmäßigen Winkelabständen ortsfest im Gehäuse angeordneten Elektromagnet-Bauelementen (28) mit jeweils einem eine Spulenwicklung (30) aus einem oder mehreren Leitern tragenden Spulenkern (32) und mit in gleichmäßigen Winkelabständen angeordneten, mit jeweils einer Polfläche zu den Stirnflächen der Spulenkern (32) gegenüberstehend ausgerichteten drehfest im oder am Rotor gehaltenen Permanentmagneten (27) mit in Umfangsrichtung aufeinanderfolgend jeweils entgegengesetzter Polarität, wobei die Spulenkern (32) der Elektromagnet-Bauelemente (28) derart parallel zur Drehachse der Rotorwelle (24) im Gehäuseinnern angeordnet sind, dass ihre gegenüberliegenden Stirnflächen jeweils in zwei voneinander beabstandeten rechtwinklig zur Rotorwellen-Drehachse verlaufenden Ebenen liegen und die Enden der die Spulenwicklung (30) bildenden elektrischen Leiter der einzelnen Elektromagnet-Bauelemente (28) über eine elektrische oder elektronische Steuereinrichtung zu insgesamt zwei elektrischen Anschlüssen zusammengeschaltet sind, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Polfläche der Permanentmagneten (27) in Umfangsrichtung eine Erstreckung aufweist, welche zwei Polflächen der Spulen (30, 32) von zwei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen (28) überdeckt, und dass die Steuerung so ausgebildet ist, dass sie zum Antrieb des Rotors bei jeweils einer Drehung desselben um einen dem Winkelabstand zwischen zwei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen entsprechenden Winkelabstand aufeinanderfolgend die Polarität jedes zweiten in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelements (28) umschaltet.

11. Elektrische Maschine (10; 10') mit einem in einem Gehäuse (12) drehbar gelagerten Rotor (26a, 26b; 26c; 36) mit aus dem Gehäuse (12) herausgeführter Rotorwelle (24), einer
5 Vielzahl von mit Abstand von der Rotor-Drehachse in gleichmäßigen Winkelabständen ortsfest im Gehäuse angeordneten Elektromagnet-Bauelementen (28) mit jeweils einem eine Spulenwicklung (30) aus einem oder mehreren Leitern tragenden Spulenkern (32) und mit in gleichmäßigen Winkelabständen
10 angeordneten, mit jeweils einer Polfläche zu den Stirnflächen der Spulenkern (32) gegenüberstehend ausgerichteten drehfest im oder am Rotor gehaltenen Permanentmagneten (27) mit in Umfangsrichtung aufeinanderfolgend jeweils entgegengesetzter Polarität, wobei die Spulenkern (32) der
15 Elektromagnet-Bauelemente (28) derart parallel zur Drehachse der Rotorwelle (24) im Gehäuseinnern angeordnet sind, dass ihre gegenüberliegenden Stirnflächen jeweils in zwei voneinander beabstandeten rechtwinklig zur Rotorwellen-Drehachse verlaufenden Ebenen liegen und die Enden der die
20 Spulenwicklung (30) bildenden elektrischen Leiter der einzelnen Elektromagnet-Bauelemente (28) über eine elektrische oder elektronische Steuereinrichtung zu zwei elektrischen Anschlüssen zusammengeschaltet sind, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jeder
25 der Polfläche der Permanentmagneten (27) in Umfangsrichtung drei Polflächen der Spulen (30, 32) von drei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelemente (28) zugeordnet sind, und dass die Steuerung so ausgebildet ist, dass sie zum Antrieb des Rotors nach dessen Drehung um
30 einen dem Winkelabstand zwischen in Umfangsrichtung aufeinanderfolgende Elektromagnet-Bauelementen entsprechenden Winkelabstand die Polarität jedes dritten in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bauelements (28) umschaltet.

35

12. Elektrische Maschine (10; 10'; 10'') mit einem in einem Gehäuse (12) drehbar gelagerten Rotor (26a, 26b; 26c; 36)

mit aus dem Gehäuse (12) herausgeführter Rotorwelle (24),
einer Vielzahl von mit Abstand von der Rotor-Drehachse in
gleichmäßigen Winkelabständen ortsfest im Gehäuse angeord-
neten Elektromagnet-Bauelementen (28) mit jeweils einem
5 eine Spulenwicklung (30) aus einem oder mehreren Leitern
tragenden Spulenkern (32) und mit in gleichmäßigen Winkel-
abständen angeordneten, mit jeweils einer Polfläche zu den
Stirnflächen der Spulenkern (32) gegenüberstehend ausge-
richteten drehfest im oder am Rotor gehaltenen Permanent-
10 magneten (27) mit in Umfangsrichtung aufeinanderfolgend je-
weils entgegengesetzter Polarität, wobei die Spulenkern
(32) der Elektromagnet-Bauelemente (28) derart parallel zur
Drehachse der Rotorwelle (24) im Gehäuseinnern angeordnet
sind, dass ihre gegenüberliegenden Stirnflächen jeweils in
15 zwei voneinander beabstandeten rechtwinklig zur Rotorwel-
len-Drehachse verlaufenden Ebenen liegen und die Enden der
die Spulenwicklung (30) bildenden elektrischen Leiter der
einzelnen Elektromagnet-Bauelemente (28) über eine elektri-
sche oder elektronische Steuereinrichtung zu wenigstens
20 zwei elektrischen Anschlüssen zusammengeschaltet sind, ins-
besondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekenn-
zeichnet, dass jeder Polfläche der Permanentmagneten (27)
in Umfangsrichtung mehr als drei Polflächen der Spulen von
in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektromagnet-Bau-
25 elemente (28) zugeordnet sind, und dass die Steuerung so
ausgebildet ist, dass sie zum Antrieb des Rotors nach einer
Drehung desselben um eine im Winkelabstand zwischen aufein-
anderfolgenden Elektromagnet-Bauelementen entsprechenden
Winkelabstand aufeinanderfolgend die Polarität von jeweils
30 einem der in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Elektro-
magnet-Bauelemente (28) der einem Permanentmagnet zugeord-
neten Gruppe von Elektromagnet-Bauelementen umschaltet.

13. Maschine nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch
35 gekennzeichnet, dass der Steuereinrichtung zur Auslösung
der Umschaltung der Polarität der Elektromagnet-Bauelemente

(28) ein die relative Drehstellung des Rotors im Gehäuse (12) abtastender Positionsgeber zugeordnet ist.

5 14. Maschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Positionsgeber als die relative Drehstellung des Rotors in bezug auf das Gehäuse (12) berührungslos abtastender Sensor, insbesondere als optischer Sensor ausgebildet ist.

10 15. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektromagnet-Bauelemente (28) jeweils auf gesonderten Trägerelementen gehalten sind, welche in jeweils einer zugeordneten Öffnung in der Umfangswand (16) des Gehäuses (12) derart montierbar sind, dass die Polflächen der Spulen der Elektromagnet-Bauelemente
15 (28) in der bestimmungsgemäßen Montagestellung in Ausrichtung zu den Polflächen der Permanentmagneten (27) zwischen den Läuferscheiben stehen.

20 16. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektromagnet-Bauelemente (28) insgesamt in einer ringförmigen Halterung vormontiert sind, die ihrerseits im Gehäuseinnern gehalten ist.

25 17. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektromagnet-Bauelemente (28) jeweils zwei gesonderte Spulenwicklungen mit entgegengesetztem Windungssinn (umgepolte Differenzialwicklungen 30a bzw. 30b) aufweisen, und dass eine elektrische oder elektronische Steuereinrichtung (EC) für die wahlweise elektrische Ansteuerung jeweils einer der Spulenwicklungen (30a; 30b)
30 vorgesehen ist.

35 18. Als Generator arbeitende Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Enden der die Spulenwicklung (30) bildenden elektrischen Leiter jedes Elektromagnet-Bauelements (28) an die Eingangsanschlüsse einer gesonderten Gleichrichterschaltung ange-

geschlossen sind, und dass die Gleichrichterschaltungen ausgangsseitig auf ein Paar von elektrischen Sammelleitungen geschaltet sind.

- 5 19. Maschine nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass dem Generator eine elektronische Wechselrichterschaltung zur Umformung des erzeugten Gleichstroms in einen netzkonformen Wechsel- bzw. Drehstrom nachgeschaltet ist.

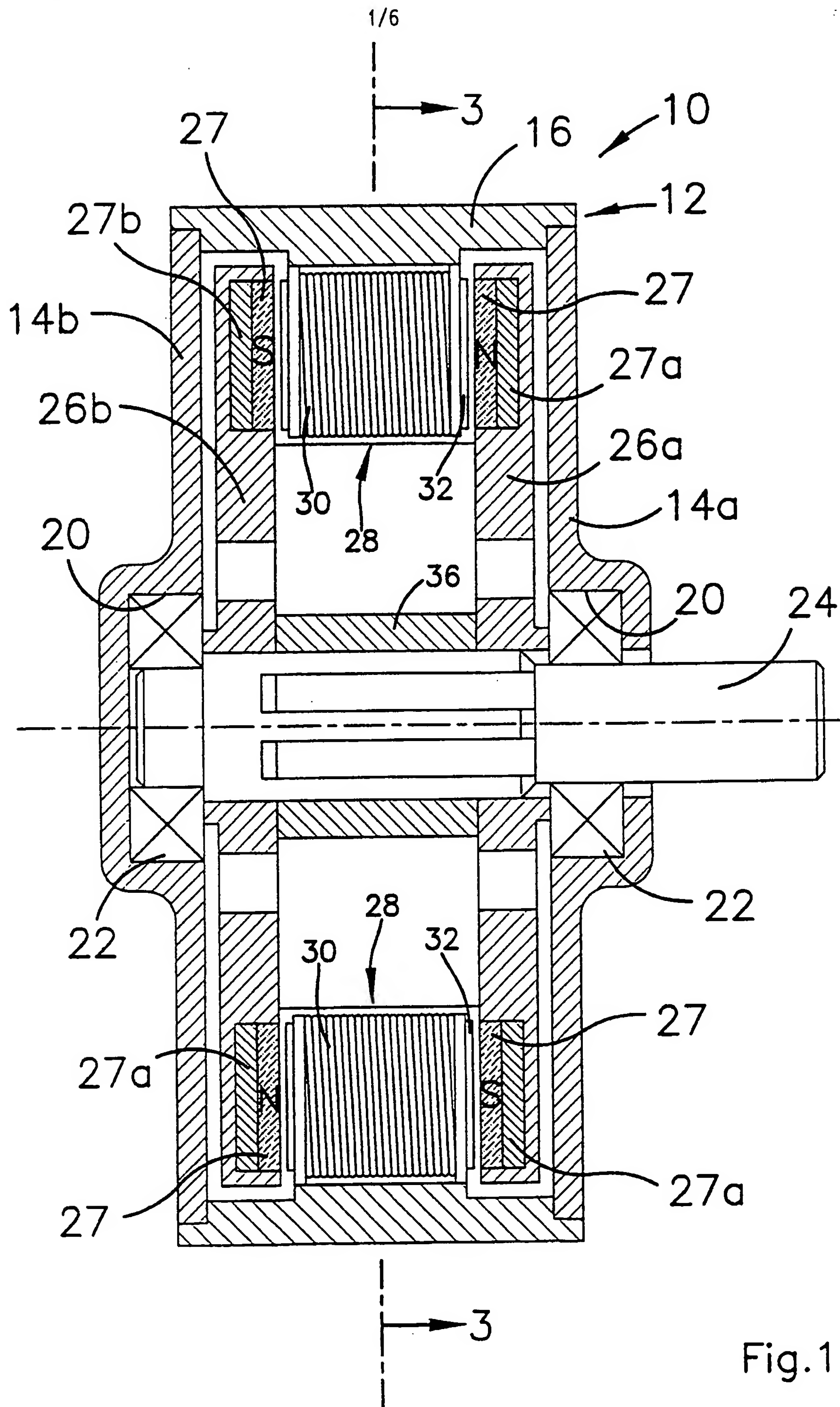
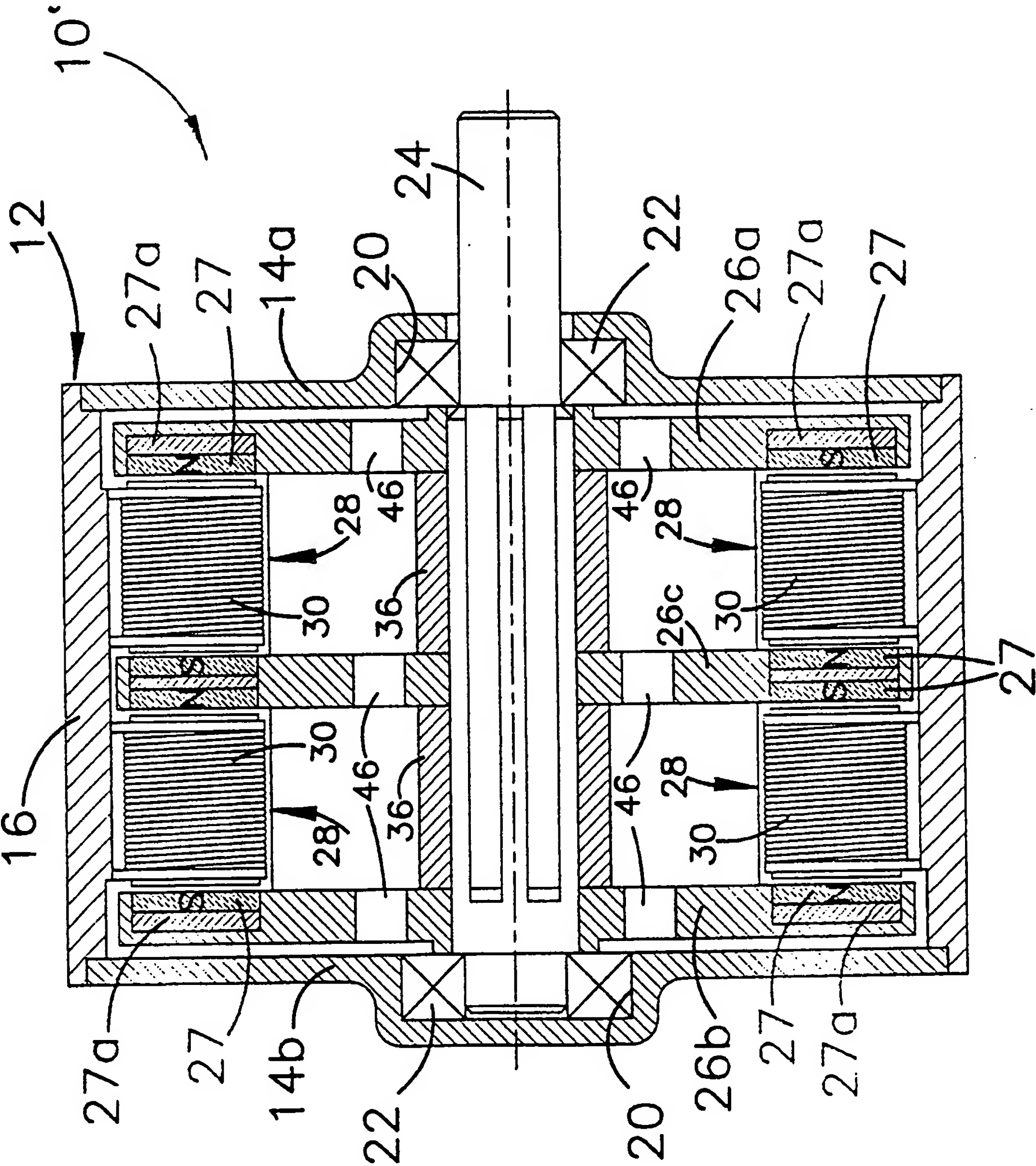


Fig.2



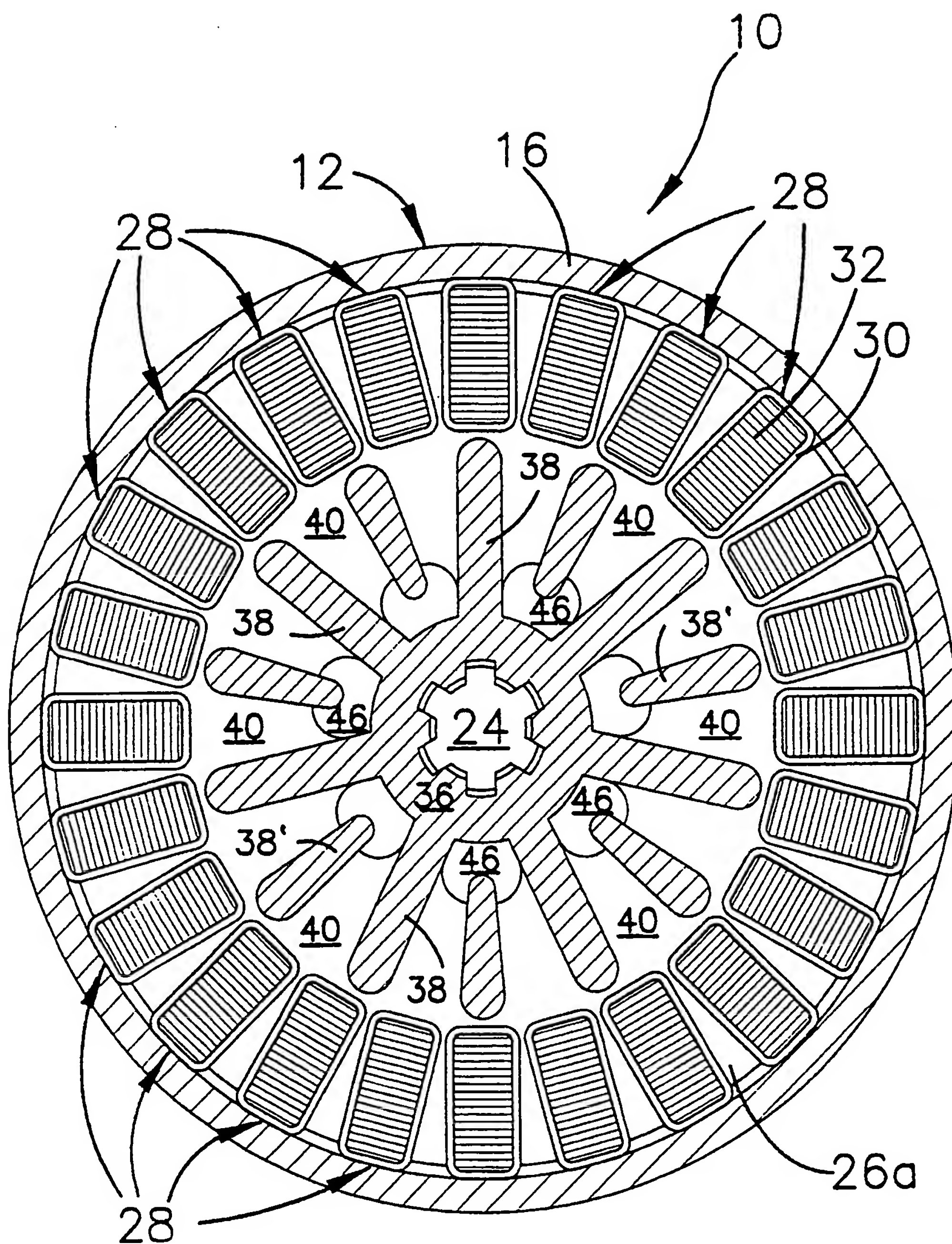


Fig.3

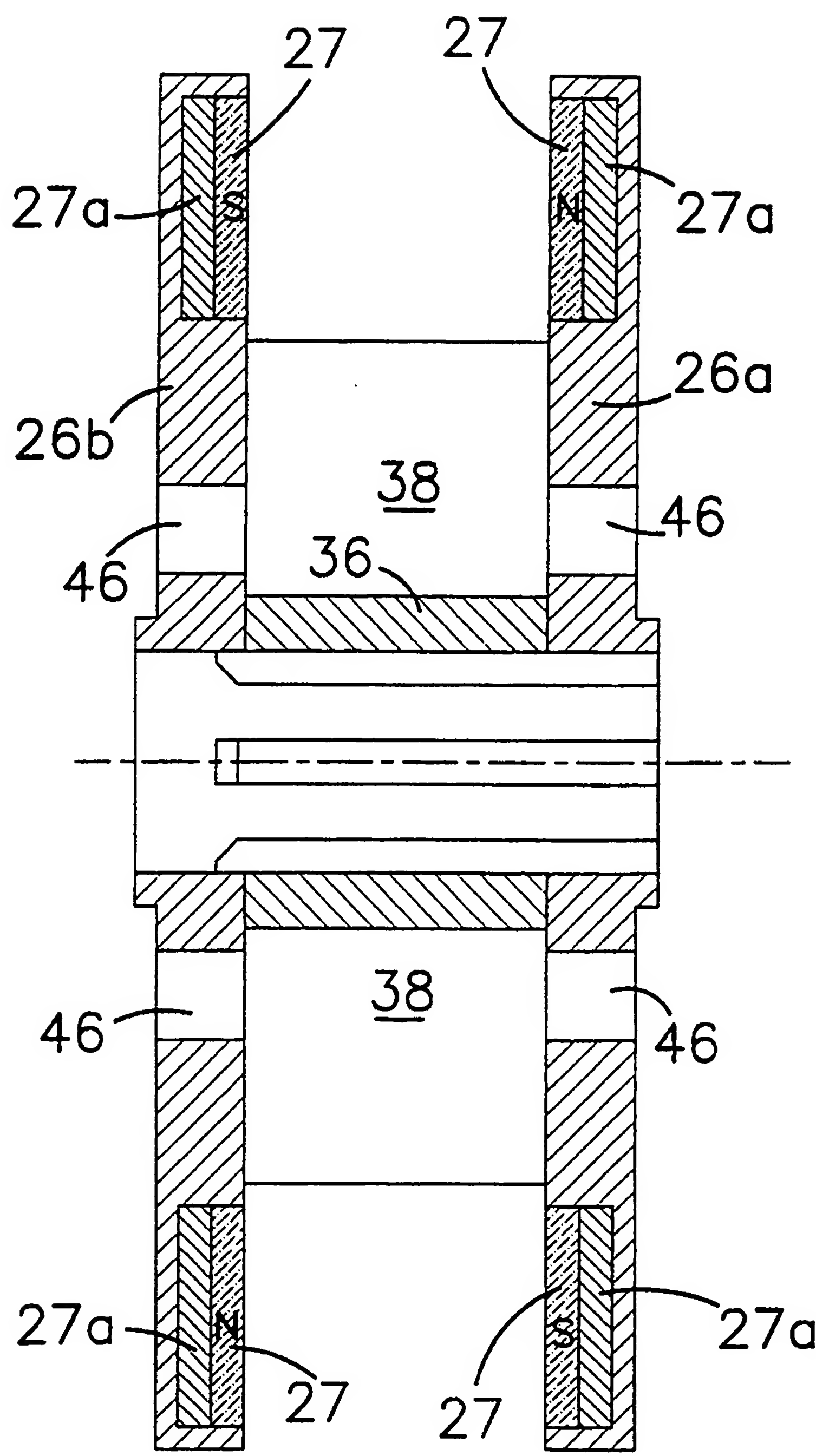


Fig.5

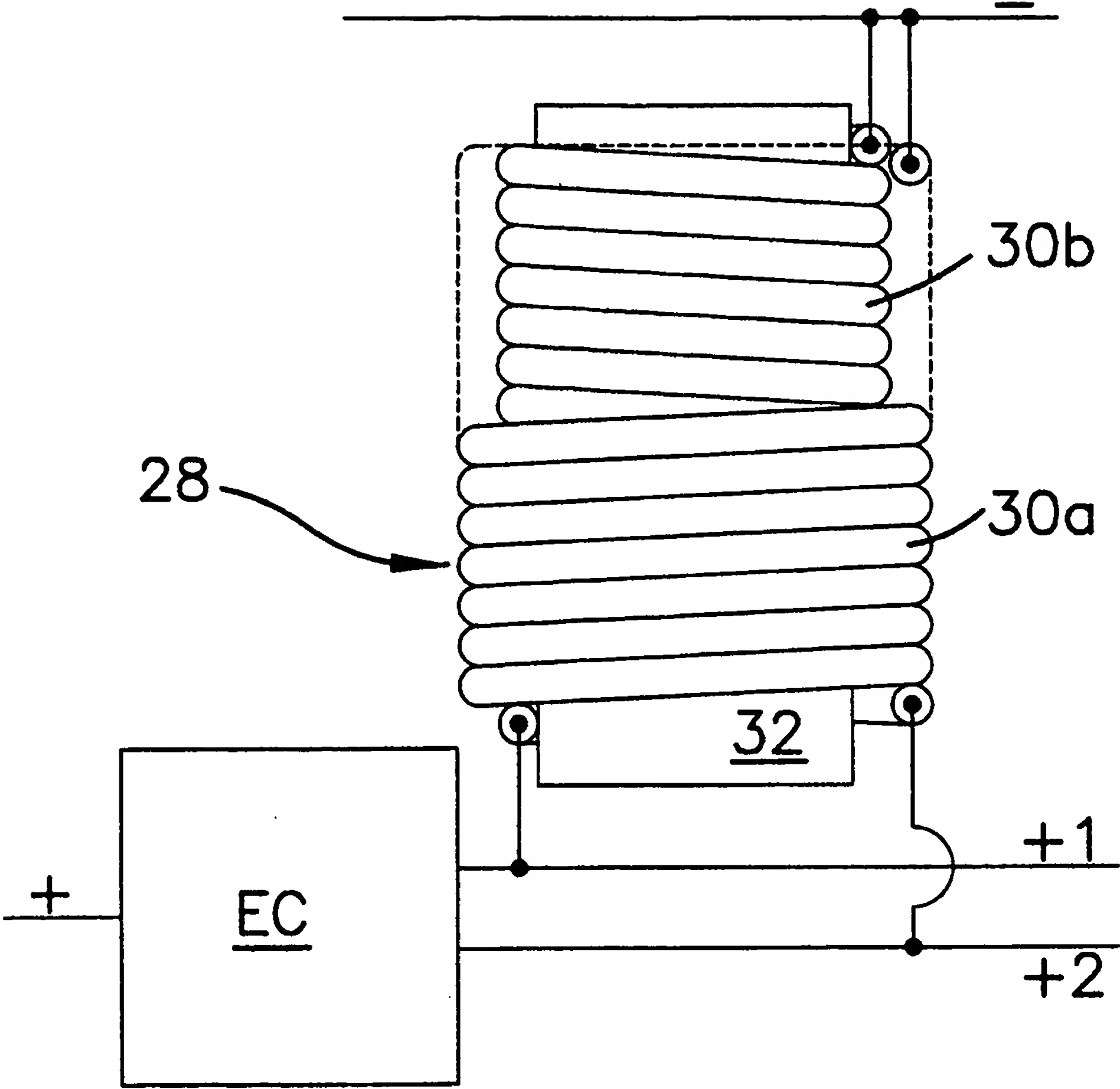


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 00/01093

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02K9/06 H02K9/08 H02K1/27 H02K3/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 01 797 A (YUYU CO ; AMOTRON CO (KR)) 24 July 1997 (1997-07-24) page 9, line 26 -page 10, line 1 figure 18	
A	GB 2 275 371 A (WESTCOMBE INTERNATIONAL LIMITE) 24 August 1994 (1994-08-24) page 4, paragraph 3 -page 5, paragraph 1 figure 6	
A	WO 96 38902 A (TURBO GENSET COMPANY LTD ; PULLEN KEITH ROBERT (GB); KULKARNI SAMEE) 5 December 1996 (1996-12-05) page 1, paragraph 1 -page 4, paragraph 3	
A	DE 42 14 483 A (DORNIER GMBH) 11 November 1993 (1993-11-11) figure 2	
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 June 2000

Date of mailing of the international search report

15/06/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramos, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. nal Application No
PCT/EP 00/01093

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 196 (E-618), 7 June 1988 (1988-06-07) & JP 62 296737 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 24 December 1987 (1987-12-24) abstract</p> <p>_____</p>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Inter. Application No

PCT/EP 00/01093

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19701797 A	24-07-1997	US 5945766 A JP 9327163 A	31-08-1999 16-12-1997
GB 2275371 A	24-08-1994	NONE	
WO 9638902 A	05-12-1996	AU 5840196 A EP 0829127 A EP 0887908 A JP 11506000 T	18-12-1996 18-03-1998 30-12-1998 25-05-1999
DE 4214483 A	11-11-1993	NONE	
JP 62296737 A	24-12-1987	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/01093

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02K9/06 H02K9/08 H02K1/27 H02K3/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 01 797 A (YUYU CO ; AMOTRON CO (KR)) 24. Juli 1997 (1997-07-24) Seite 9, Zeile 26 -Seite 10, Zeile 1 Abbildung 18	
A	GB 2 275 371 A (WESTCOMBE INTERNATIONAL LIMITE) 24. August 1994 (1994-08-24) Seite 4, Absatz 3 -Seite 5, Absatz 1 Abbildung 6	
A	WO 96 38902 A (TURBO GENSET COMPANY LTD ; PULLEN KEITH ROBERT (GB); KULKARNI SAMEE) 5. Dezember 1996 (1996-12-05) Seite 1, Absatz 1 -Seite 4, Absatz 3	
A	DE 42 14 483 A (DORNIER GMBH) 11. November 1993 (1993-11-11) Abbildung 2	
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Juni 2000

Abschließdatum des internationalen Recherchenberichts

15/06/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 6818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramos, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. Aktenzeichen

PCT/EP 00/01093

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 196 (E-618), 7. Juni 1988 (1988-06-07) & JP 62 296737 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 24. Dezember 1987 (1987-12-24) Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 00/01093

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19701797 A	24-07-1997	US 5945766 A JP 9327163 A	31-08-1999 16-12-1997
GB 2275371 A	24-08-1994	KEINE	
WO 9638902 A	05-12-1996	AU 5840196 A EP 0829127 A EP 0887908 A JP 11506000 T	18-12-1996 18-03-1998 30-12-1998 25-05-1999
DE 4214483 A	11-11-1993	KEINE	
JP 62296737 A	24-12-1987	KEINE	